



CIRAD-Forêt

IDEFOR

Département Forestier

**Bingerville - ABIDJAN - Anguédédou
République de Côte d'Ivoire**

FORMATION A LA VALORISATION ENERGETIQUE DE LA BIOMASSE LIGNOCELLULOSIQUE

En collaboration avec le

**PÔLE REGIONAL AFRICAIN
DE THERMOCHIMIE**



Ademe



IEPF



LE BOIS ENERGIE DANS LES PED, SITUATION ACTUELLE ET PERSPECTIVE

Louis François Vergnet

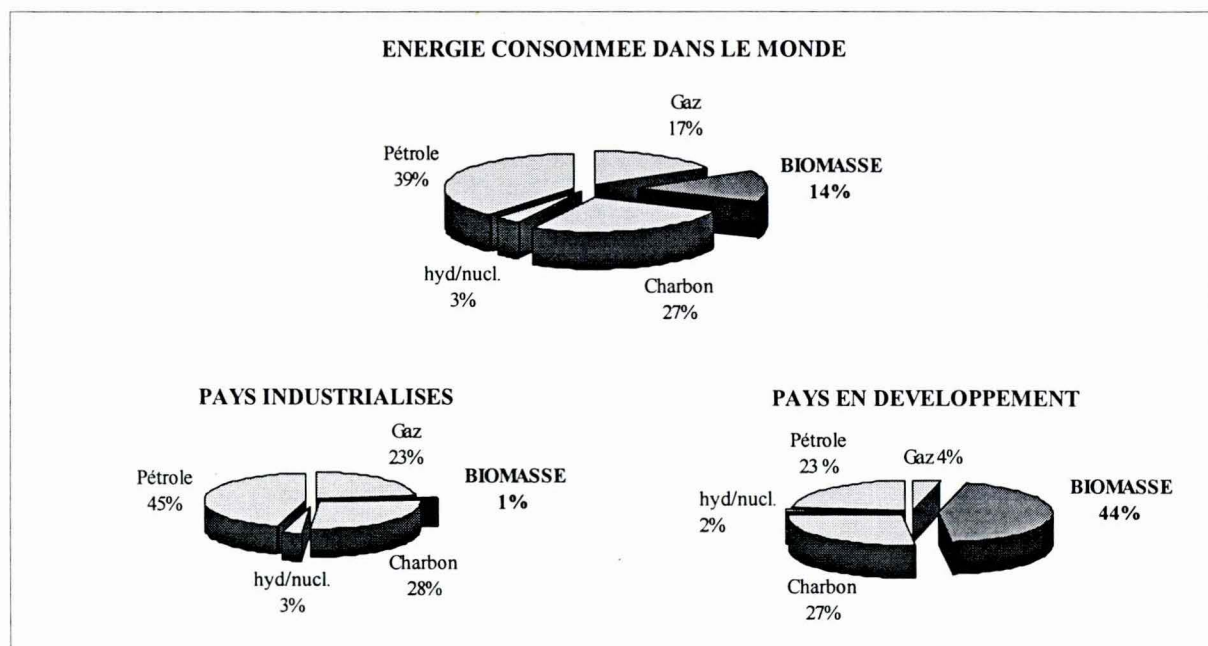
Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement,
Montpellier, France

1 - LE BOIS TIENT UNE PLACE IMPORTANTE DANS LA SATISFACTION DES BESOINS ENERGETIQUES MONDIAUX MAIS SURTOUT TROPICAUX

Le présent chapitre a pour objectif de rappeler quelques idées-forces concernant la place réelle et les enjeux de la biomasse dans l'approvisionnement énergétique des PED.

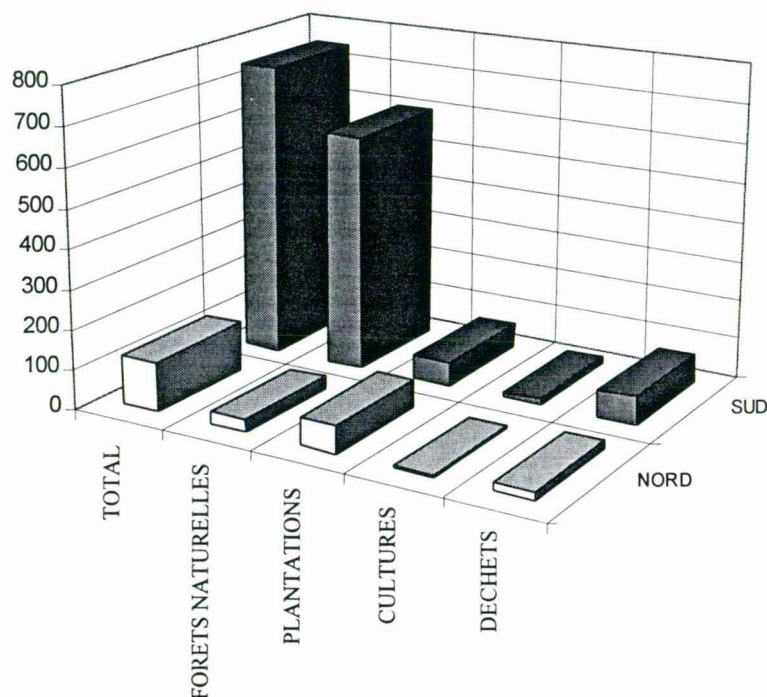
1.1 - LA BIOMASSE PRINCIPALE SOURCE D'ENERGIE POUR LES PAYS DU SUD

La figure ci-dessous présente la part de la biomasse dans l'approvisionnement énergétique mondial, des pays du nord et des pays du sud (Source : CIRAD-Forêt d'après Les Nations Unies, "Comité pour la mise en valeur et l'utilisation de sources d'énergie nouvelles et renouvelables").



1.2 - LA BIOMASSE ENERGIE : 90 % DES PRODUITS FORESTIERS NATURELS

La figure ci-après, de même source, compare la provenance de la biomasse énergie pour les pays du nord et du sud. Elle confirme la prépondérance du bois et des produits forestiers naturels dans l'approvisionnement énergétique des pays du sud.



RÉPARTITION PAR SOURCE (million TEP)

1.3 - LE BOIS ENERGIE : UN GISEMENT RESIDUAIRE INCONTOURNABLE

- . produits de défrichements,
- . sous-produits de la sylviculture et des renouvellements de plantations,
- . sous-produits des industries.

Les gisements existants sont souvent sous exploités ou détruits en pure perte avec un impact négatif fort sur l'environnement.

1.4 - LE BOIS ENERGIE : DE LOIN LE PRINCIPAL PRODUIT FORESTIER

Pour 1 m³ de bois d'oeuvre, 50 m³ de bois énergie sont récoltés.

1.5 - LE BOIS : SOURCE D'ENERGIE DOMESTIQUE, ARTISANALE MAIS AUSSI INDUSTRIELLE

Il couvre souvent jusqu'à 90 % des besoins domestiques en PED mais satisfait aussi les besoins de secteurs industriels performants (sidérurgie brésilienne - cimenteries...)

1.6 - DES ENJEUX IMPORTANTS EN ZONE TEMPEREE MAIS SURTOUT EN ZONE INTERTROPICALE

- valorisation résidus (environnement),
- développement rural (sédentarisation des populations agricoles),
- développement industriel,
- économie de devises (au profit de l'industrialisation).

1.7 - BOIS, UNE SOURCE D'ENERGIE

Le bois et la biomasse constituent une source d'énergie :

- nationale,
- renouvelable,
- disponible et décentralisée,
- facilement mobilisable,

dont la contribution actuelle et à venir est bien supérieure à celle des autres énergies renouvelables, que l'on considère :

- l'hydro-électrique aux investissements souvent prohibitifs et aux conséquences environnementales que l'on connaît,
- le solaire, l'éolien ou le géothermique aux prestations "confidentielles" et encore trop peu compétitives.

2 - SITUATION DE CRISE ? OUI DANS LES ZONES ARIDES ET TRES PEUPLEES SENSIBLES, NON AILLEURS

Les pays en développement ne sont pas confrontés à une problématique unique, celle de la "crise du bois de feu" mais à une infinité de situations particulières avec, aux extrémités de l'éventail, des contextes radicalement différents, voire opposés .

2.1 - LES ZONES ARIDES (TYPE SAHEL)

Dans ces zones la pression sur les formations ligneuses atteint souvent des valeurs critiques qui compromettent le caractère renouvelable de la ressource - (exploitation minière).

Dans ce contexte, il existe une situation de crise dont les conséquences économiques,

sociologiques et écologiques commencent à être correctement analysées et ressenties dans la communauté internationale et des gouvernements mais encore insuffisamment des populations et des femmes, acteurs principaux et nécessaires de toute action dans ce domaine.

Au début des années 80, la FAO affirmait :

"1,4 milliards d'habitants du tiers-monde entamaient leur capital forestier pour satisfaire leurs besoins en bois, et plus de 110 millions, dont la moitié en Afrique, se trouvaient dans une situation aigüe de pénurie"

Dans les faits il est aujourd'hui généralement reconnu que les formations forestières régressent presque exclusivement sous la pression de la demande en terres agricoles. Défrichements agricoles sur lesquels sont prélevés le bois de feu et le bois à carboniser à usage domestique et artisanal.

L'exploitation et, a fortiori, la destruction de formations forestières pour la seule production de bois reste encore marginale même si elle tend à se développer dans certaines zones, notamment en zone périurbaine.

2.2 - LES ZONES HUMIDES ET FORESTIERES

Dans ces zones, les énormes ressources en bois naturelles sont peu mobilisées et souvent détruites en pure perte alors qu'elles pourraient contribuer puissamment à l'essor économique régional et probablement à la solution de la crise dans les zones arides voisines.

La mise en place de plantations artificielles ou la valorisation de celles existantes se heurte encore à des facteurs d'ordre économique de rentabilité des projets.

Dans les zones humides, le tandem "biomasse-énergie" prend tout son sens. C'est dans ces zones que la bio-énergie devrait être la plus compétitive.

2.3 - LE CAMEROUN, PAYS DE CONTRASTE, ILLUSTRE BIEN LA DIVERSITE DES SITUATIONS

La combinaison des conditions climatiques avec les conditions de relief, la qualité des sols, la densité de population se traduit par une gamme de situations allant du "surexédentaire" à la "prédésertification" avec cependant trois cas caractéristiques principaux :

- au Sud - Sud-Est, une situation d'abondance résultant d'une ressource forestière naturelle pléthorique associée à une faible densité de population,
- au Centre-Ouest (provinces les plus peuplées en zone forestière et pré-forestière) un équilibre résultant déjà de l'exploitation des potentialités artificielles à l'initiative des populations elles-mêmes. (Pays BAMILEKE, par exemple),
- à l'extrême Nord, une zone sahélienne très peuplée, déjà confrontée à la problématique connue

sous l'appellation "crise du bois de feu".

Aujourd'hui : Les formations ligneuses fournissent près de 70 % de l'énergie primaire consommée par le pays : quelques 6 millions de tonnes de bois utilisées, en l'état ou après transformation en charbon de bois, par les secteurs domestique et artisanal. 200.000 ha de formations ligneuses naturelles sont défrichées chaque année, ce qui représente de l'ordre de 25 millions de tonnes de bois exploitables et quelques 8 millions de TEP/an. La transformation industrielle du bois d'oeuvre exploité dans les forêts denses du Sud génère \approx 600.000 t de déchets soit \approx 200.000 TEP/an.

Dès demain : Les sous-produits des industries de transformation du bois pourraient garantir la couverture des besoins en chaleur et en force motrice à poste fixe du secteur (25 à 30 MW/an électriques). Ils pourraient aussi fournir une contribution notable à l'approvisionnement en électricité et/ou en bois de feu des agglomérations voisines des industries. Les produits de défrichement pourraient contribuer bien au delà des 6 millions de tonnes actuelles à la satisfaction des besoins énergétiques nationaux.

A moyen terme : 300.000 ha de plantations d'espèces à croissance rapide créées sur les savanes du Centre-Est seraient susceptibles de soutenir une production de bois énergie représentant 1 million de TEP/an.

A plus long terme : 1 million d'ha de forêt dense, aménagé par exploitation et correction du couvert tous les 25 à 30 ans serait aussi susceptible de soutenir indéfiniment une production de l'ordre de 1 million de TEP/an.

3 - BOIS "ENERGIE" ET ENVIRONNEMENT

La valorisation énergétique du bois, mais surtout son incinération pour la préparation de terres agricoles qui aboutit, elle, à la déforestation, auraient selon le groupe de travail N°1 du CIEC cinq types d'impact sur le climat :

- en modifiant le cycle du carbone (contribution à l'effet de serre),
- en modifiant l'albédo (réflexion du rayonnement solaire),
- en modifiant le cycle hydrologique (précipitation - évaporation - ruissellement),
- en modifiant la rugosité du paysage c'est à dire la circulation atmosphérique avec des conséquences sur le climat local,
- en interdisant le retour de la forêt sur les zones trop sévèrement touchées.

Pour lutter contre les conséquences pénibles et souvent constatées de ces impacts, plusieurs solutions sont recommandées :

- préserver et aménager les forêts existantes,
- reboiser,
- limiter les prélèvements par l'amélioration des rendements, notamment à la conversion et à l'utilisation en un mot mieux valoriser,

- réexaminer les pratiques agricoles, c'est à dire, intensifier l'agriculture.

La mise en oeuvre de ces solutions impose qu'elles s'inscrivent dans des stratégies réalistes plus globales. Ces stratégies devraient prendre en compte les résultats escomptables et les investissements nécessaires à la mise en oeuvre de chacune des actions envisageables mais aussi la forte spécificité de l'interaction Bois-Energie/Environnement :

- si le secteur de l'énergie (production et consommation) contribue pour presque la moitié, aux émissions résultant d'activités humaines, les émissions dues à l'utilisation par l'homme des écosystèmes terrestres ne représentent que 10 à 30% du total des émissions anthropiques, le reste (70 à 90%) incombant à la combustion d'énergie fossile,
- le bois contribue à l'émission des différents gaz à effet de serre CO₂, NO_x, hydrocarbures, etc, et plus généralement polluants, principalement de deux manières :
 - . à travers son utilisation énergétique directe ou par l'intermédiaire de sa transformation en combustibles ligneux élaborés,
 - . lors de sa destruction par le feu, l'incinération constitue la solution la plus économique et la plus simple de se débarrasser des produits du défrichement de la forêt pour la préparation des terres agricoles, mais aussi, des flux importants de sous-produits dans les industries forestières et agro-industrielles.

Les pollutions issues de la combustion directe du bois ou de son utilisation énergétique par l'intermédiaire d'une transformation préalable sont encore très mal connues au plan qualitatif comme au plan quantitatif. Cela résulte de l'extrême diversité des conditions, des techniques et des matériels rencontrés à travers le monde : Probablement quelques dizaines de techniques de carbonisation aux impacts difficilement comparables et probablement plusieurs centaines de techniques domestiques artisanales et industrielles de combustion....

On sait cependant que l'on peut espérer d'une bonne maîtrise technologique, des réductions significatives des émissions de polluants. De nombreux exemples le mettent en évidence dans les domaines de la combustion et de la pyrolyse notamment. L'amélioration de l'efficacité énergétique des chaudières à bois entraîne une réduction sensible des émissions par la réduction des quantités de bois consommées à prestation égale mais aussi du fait d'un taux d'émissions inférieur à l'unité de bois utilisée.

De plus, il est maintenant couramment admis que les formations ligneuses stockent le carbone et cela avec d'autant plus d'efficacité qu'elles sont plus productives et que leur période de végétation annuelle est plus longue (à matériel végétal et conditions de sol voisins, les productivités moyennes sont en zones inter-tropicales largement plus élevées qu'en zone tempérée). Les études réalisées à ce jour tendent à mettre en évidence que lorsque le bois est régénéré dans les proportions où il a été exploité et utilisé pour la production d'énergie, la contribution de son utilisation énergétique à l'effet de serre est très sensiblement inférieure à celle des combustibles fossiles.

4 - LES ACTIONS DE SUBSTITUTION

L'introduction de combustibles de substitution au bois énergie est considérée par bon nombre de spécialistes comme l'unique recours face aux problèmes générés par l'approvisionnement des grandes villes intertropicales en combustibles domestique et artisanal.

La substitution par des combustibles d'origine locale : charbon minéral, tourbe, lignite, briquettes de résidus agricoles, biogaz fait l'objet de quelques tentatives. Les premiers résultats incitent à la prudence chaque fois que le bois reste trouvable.

Plusieurs campagnes de substitution ont été lancées pour promouvoir des combustibles pétroliers: gaz butane (GPL) et kérosène généralement importés.

Les résultats sont très variables : le kérosène et le GPL sont utilisés par 50% des ménages dans des grandes villes du Guatemala ou de Java alors qu'au Sénégal la consommation de GPL augmente lentement malgré un fort niveau de subventions depuis plus de 10 ans.

Habitudes culinaires, coûts d'accès, disponibilité et compétitivité par rapport au bois, semblent conditionner largement les perspectives de diffusion des produits pétroliers auprès des couches de population fortes consommatrices de bois énergie.

L'impact sur la balance des paiements et les budgets des PED, d'une substitution massive par des combustibles importés et/ou fortement subventionnés, pèse lourdement sur les perspectives d'introduction significative de ces combustibles.

Dans le domaine industriel, lorsque la proximité d'un réseau électrique régulièrement alimenté le permet, les opérateurs optent pour un raccordement. Lorsque par contre, ce qui est souvent le cas en PED, les unités de transformation se trouvent décentralisées, elles doivent faire appel aux produits pétroliers. Les contraintes de coût et les fréquentes ruptures d'approvisionnement sont alors souvent lourdes de répercussions sur leurs résultats. Dans ce contexte, la biomasse constitue bien souvent une alternative très attractive financièrement.

5 - LA RENTABILITE ECONOMIQUE DES PROJETS BIOMASSE ENERGIE

Qu'il s'agisse de produire du bois ou de l'utiliser à des fins énergétiques, la filière s'avère rentable et souvent compétitive. Les quelques exemples ci-après illustre cette réalité.

5.1 - COMPETITIVITE AU NIVEAU DE LA PRODUCTION DU BOIS ENERGIE

Quand on opte pour les zones appropriées, le bois énergie peut être produit à coût raisonnable.

**Superficies et investissements nécessaires pour perenniser
Une production annuelle de 100 000 t de charbon**

Domaine climatique mm/an	Productivité m ³ /ha/an	Superficie nécessaire ha	Coût unitaire F	Investisse- ments MF
600 Sahélien	1,5 à 3	530 000	7 000	3 710
800 Soudano-sahélien	3 à 5	265 000	7 000	1 855
1 000 Soudano-guinéen	6 à 10	133 000	7 000	930
> 1 000 Préforestiers et forestiers	10 à 40	40 000	7 000	280
Plantations irriguées	15 à 20	53 000	40 000	2 120

La TEP de bois produite artificiellement ou la tonne de carbone ainsi fixée revient donc 6 à 7 fois plus chère en zone sèche qu'en zone forestière.

5.2 - COMPETITIVITE DU BOIS AVEC LE GPL, SON PRINCIPAL CONCURRENT POUR L'ENERGIE DOMESTIQUE

Les conséquences de l'ajustement du prix de la calorie utile bois sur celui de la calorie utile GPL avec l'hypothèse que la plus-value reviendrait au producteur apparaissent intéressantes. En effet, nous avons calculé à partir des pouvoirs caloriques et des rendements escomptables relatifs à chaque combustible, le prix de vente du bois de feu qui mettrait la calorie utile à prix égal avec celle résultant d'un GPL déjà assez largement soutenu :

	GAZ	BOIS
Prix de 12 Kg (Cameroun)	2500 FCFA	
Prix pour 1 Kg	208 FCFA	35FCFA
PCI en Th	11	3.7
Rendement de transformation	50 %	25 %
Prix de la thermie utile	37.9 FCFA	37.9 FCFA

Le bois pourrait être vendu au détail 35 Frs CFA/kg contre 20 à 25 francs à l'heure actuelle. Si l'on maintient en valeur absolue la marge confortable actuelle à la distribution soit 15 F CFA/kg, 20 F CFA/kg reviendrait au producteur. Dans ces conditions, un hectare de plantation de bois énergie en zone humide rapporterait 200 à 300.000 F CFA/an.

Une prestation équivalente et bien souvent supérieure à celle des activités agricoles concurrentes avec plusieurs conséquences notables :

- augmentation des revenus de l'agriculture péri-urbaine,
- augmentation de l'emploi en zone péri-urbaine et urbaine,
- économie des devises nécessaires à l'acquisition de GPL ou Kérosène,
- économie de la subvention au GPL,
- maintien d'une couverture forestière :
 - . environnement urbain restauré,
 - . limitation de l'effet de serre .

5.3 - LES ECHANGES INTER-REGIONAUX : L'INTERCONNEXION BOIS

Les formations ligneuses sont plus productrices dans les zones forestières humides que dans les zones sèches avec pour corollaire des coûts de production et des niveaux d'investissement de 6 à 7 fois inférieurs à la TEP ou à la tonne de carbone fixé.

Le Groupe international Bois Energie (GBE) a prospecté l'idée de produire dans les zones forestières les combustibles ligneux nécessaires aux zones arides. L'étude de faisabilité réalisée à cet effet concerne l'approvisionnement de Dakar en charbon de bois produit dans les zones côtières de la Côte d'Ivoire et du Congo. Le tableau ci-dessous donne les prix de revient escomptables pour du charbon de bois importé en position CIF (en F/tonne)

	Côte d'Ivoire	Congo
Charbon de bois		
Filière traditionnelle (A)	840	
Plantations (B)	1280	1280
Manutention et transport (C)	580	660
Prix CIF Dakar		
Forêt naturelle (A + C)	1420	
Plantations (B + C)	1860	1940

A l'heure actuelle le prix réel de vente au détail du charbon de bois résultant du défrichement de la Casamance ressort à Dakar à 1 340 F/t (enquête ENDA). Dans le meilleur des cas (forêt naturelle) il faudrait donc subventionner le charbon importé au niveau des coûts de distribution \approx 400 F/tonne.

Pour une importation de l'ordre de 60 000 t/an (1/3 de la consommation de Dakar) la subvention ressortirait à 24 millions de F/an, elle est à rapprocher :

- de la subvention actuelle au 20 000 t de gaz équivalentes \approx 46 millions de F/an,

- du coût de remplacement de la ressource détruite en Casamance (≈ 600 millions de F - 3 rotations de 5 ans) ≈ 40 millions de F/an,

5.4 - LA VALORISATION ENERGETIQUE DES SOUS PRODUITS

Sur défrichements agricoles et agro-industriels comme en aval des agro-industries et des industries du bois des quantités considérables de biomasse sont brûlées en pure perte alors que les technologies qui permettraient de produire de l'énergie adaptée et performante sont disponibles et souvent éprouvées.

Une TEP de déchets, actuellement détruite, si elle est valorisée permet l'économie d'une TEP de produits pétroliers et de l'impact correspondant sur l'environnement.

Le cas présenté concerne un complexe industriel du bois au Sarawak qui a installé une unité de production d'électricité de 2,5 MW (filère vapeur/turbine) avec pour objectif de s'auto-alimenter en régime normal ; Les besoins en pointe restant prélevés sur le réseau.

Pour un investissement de 21,5 MF, l'entreprise autoproduira 11 000 à 15 500 MWh/an permettant une économie en produits pétroliers de l'ordre de 3 300 à 4 700 T/an.

Le projet est éminemment attractif au plan économique et financier comme le montre l'étude de sensibilité réalisée en fonction du facteur de charge.

Facteur de charge	100 %	90 %	75 %
Valeur bois = 0			
TIR %	30	27	21
Retour (an)	4	4,4	5,2
Intégration coûts d'incinération			
TIR (%)	37	34	29
Retour (an)	3,4	3,6	4,1

Prix de revient F/Mwh	Actualisation	
	12 %	10%
Facteur de charge 100%	0,20	0,19
90%	0,22	0,21
75%	0,27	0,21
Prix actuel réseau	0,36	

ceci explique l'auto-alimentation en énergie de nombreuses agro-industries, à partir de leurs

déchets, même dans les régions où les énergies fossiles sont bon marché comme c'est le cas en Asie du Sud Est.

POUR L'AVENIR

- POUR LES SECTEURS DOMESTIQUE ET ARTISANAL

Il apparaît tout à fait envisageable d'accroître fortement et peut-être même de doubler la contribution énergétique utile du bois actuellement utilisé, cela à niveau de nuisance égal et probablement inférieur.

Les techniques et matériels qui permettent l'efficacité nécessaire existent et sont de mieux en mieux adaptés au contexte PED (investissement, technicité). En effet, les efforts entrepris dans la zone intertropicale depuis les années 70 ont permis le développement de foyers domestiques et artisanaux améliorés dont les performances individuelles sont souvent doubles de celles des foyers traditionnels. On dispose, par ailleurs, aujourd'hui de technologies propres de carbonisation avec cogénération de chaleur par incinération des fumées et la torréfaction permet de retrouver dans le bois torréfié 90 % de l'énergie initiale du bois traité. Les technologies correspondantes, à la limite de l'artisanal et de l'industriel, sont chaque jour plus facilement appropriables par les PED.

- DANS LE DOMAINE INDUSTRIEL

Il est aujourd'hui raisonnablement envisageable d'augmenter de manière significative la contribution du bois notamment par la simple valorisation des déchets des industries du bois et de certaines agro-industries (caoutchouc). Les techniques et les matériels qui permettent de produire la force motrice et la chaleur nécessaires à une large part du secteur industriel, à partir du bois et plus généralement de la biomasse, existent de longue date. Pour s'en convaincre, il suffit de rappeler qu'au début du siècle, le bois correspondait à l'une des principales sources d'énergie industrielle ou de constater :

- que les agro-industries les plus performantes assurent systématiquement leur production d'énergie à partir de leurs déchets (sucreries, huileries...),
- que les vastes programmes visant à la mise au point de filières et de techniques de valorisation énergétique de la biomasse adaptées à une utilisation industrielle, lancées par les pays industriels dans les années 70-80 ont obtenu des résultats probants dans plusieurs domaines:
 - . production de force motrice par la filière gazéification, enfin opérationnelle, (50-200 kW),
 - . production de chaleur par des foyers modernes avec ou sans gazéification préalable (avant foyers),
 - . production de force motrice par les filières vapeur turbo-alternateur (> 500 kW).

Ces techniques et matériels permettent de plus en plus souvent de mobiliser le contenu énergétique du bois avec des rendements voisins de ceux constatés pour les combustibles fossiles et des coûts de 5 à 10 fois inférieurs même lorsque ce bois est produit à partir de plantations.

DEMAIN DONC

Chaque TEP de bois ou de biomasse, aujourd'hui incinérée en pure perte pourrait, lorsqu'elle est apte à être valorisée, se substituer à une TEP de produits fossiles et entraîner la suppression des émissions polluantes correspondantes.

Les formations ligneuses naturelles ou artificielles potentielles (plantation, agro-foresterie) pourraient trouver dans un ajustement du prix de la thermie utile bois sur celle des produits pétroliers, la compétitivité nécessaire pour être respectées, préservées, restaurées par les acteurs du monde rural.

Les nombreux avantages d'une valorisation optimum du bois énergie sont les suivants :

- pérennité d'un couvert forestier en adéquation avec les besoins de la planète notamment au plan environnemental, réduction de la contribution à l'effet de serre,
- énergie économique, nationale, pérenne au profit du développement et d'une meilleure indépendance économique,
- etc...

Ils devraient permettre aux gouvernements et à la communauté internationale de lancer les politiques et les programmes de maîtrise technique nécessaires.

L'avenir des formations forestières, tropicales, dépend de leur rentabilité et donc de celle de leur produit principal, le bois énergie (un milliard de tonnes récoltées chaque année contre 100 millions pour le bois d'oeuvre et, 10 millions pour le bois à pâte). Une priorité à prendre en compte de toute urgence.

POUR CELA IL FAUT

Mettre à la disposition d'un développement durable respectueux de l'environnement. La principale ressource énergétique indigène des PED

- **Rentabiliser :** Les déchets aujourd'hui détruits en pure perte
Les plantations à venir (pérennité de l'offre)
- **Proposer :** L'énergie adaptée à chaque besoin tant au plan quantitatif que qualitatif
 - Vapeur
 - Electricité forte puissance
 - Electricité décentralisée
 - Chaleur directe
- **Mettre en oeuvre les actions appropriées** au lever des verrous, là où ils se situent dans chaque filière, compte tenu de son stade de développement.
 - Recherche

- R & D
- Test d'adaptation
- Démonstration-évaluation
- Formation
- Appui à la diffusion

CONCLUSION

L'utilisation du bois comme combustible semble plus à recommander qu'à freiner dans de nombreux pays de la ceinture intertropicale.

L'utilisation rationnelle de **bois renouvelé** s'avère moins polluante que celle des combustibles fossiles et son renouvellement maintient, avec le secteur forestier correspondant, un équilibre écologique favorable à l'environnement et au développement.

La substitution des combustibles fossiles par du bois résiduel, en général détruit par incinération, permet le gain de l'impact environnemental correspondant à la combustion des produits substitués, assorti d'une substantielle économie de devises.

Il n'est plus que de développer les stratégies et les politiques qui permettraient à la valorisation énergétique du bois de contribuer largement à la limitation de l'accroissement de l'effet de serre et à un meilleur équilibre écologique local mais aussi au développement de pays qui ont plus que jamais besoin de mobiliser toutes leurs ressources et d'en optimiser l'utilisation.

Alors :

- * **substitution du bois**

Ou

- * **substitution par le bois**

Le choix s'impose le plus souvent :

Substitution par le bois, promotion de l'utilisation énergétique du bois